

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-313097

(43)公開日 平成5年(1993)11月26日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 27/28

G 0 2 F 1/09

識別記号

府内整理番号

Z 9120-2K

5 0 5

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全6頁)

(21)出願番号

特願平4-113440

(22)出願日

平成4年(1992)5月6日

(71)出願人

000005821
松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者

倉田 昇

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者

東城 正明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者

早田 博則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74)代理人

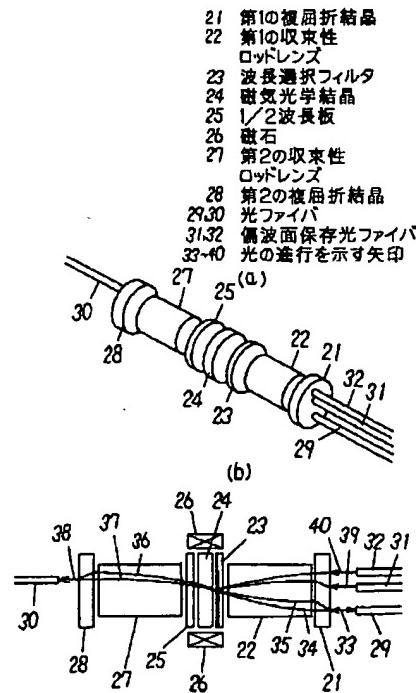
弁理士 小鍛治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】光結合器

(57)【要約】

【目的】 本発明は光ファイバ増幅器を構成する光結合器に関し、複数の光部品を一体化した小型で低挿入損失な光結合器の提供を目的としたものである。

【構成】 第1の複屈折結晶21と、第1の収束性ロッドレンズ22と、波長選択フィルタ23と、磁気光学結晶24と、1/2波長板25と、第2の収束性ロッドレンズ27と、第2の複屈折結晶28とを順次配置した構成を有し、光ファイバ29の出射光が光アイソレータ機能を通過して光ファイバ30に入射し、偏波面保存光ファイバ31および32から出射した直線偏光が、偏波合成されて光ファイバ29に入射するように各光ファイバを設けているので、小型で低挿入損失な光結合器が得られ、小型の光ファイバ増幅器を構成することができる。



I

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の光ファイバからの出射光を偏波面が互いに直行する2つの直線偏光に分離する第1の複屈折結晶と、前記2つの直線偏光を中心軸からわずかにずれた位置から入射させ、略平行光に変換する第1の収束性ロッドレンズと、前記平行な2つの直線偏光を通過させる波長選択フィルタと、前記通過した平行な2つの直線偏光の偏光方向を回転させる磁気光学結晶および1/2波長板と、前記1/2波長板から出射した平行な2つの直線偏光を中心軸からわずかにずれた2点の位置に収束させる第2の収束性ロッドレンズと、収束された前記2つの直線偏光を同一光軸上に合成し、第2の光ファイバに入射させる第2の複屈折結晶とから構成し、第3および第4の光ファイバから出射した直線偏光が、前記第1の複屈折結晶および前記第1の収束性ロッドレンズを通過し、前記波長選択フィルタで反射されて再び第1の収束性ロッドレンズで収束された後、同一光軸上に合成され前記第1の光ファイバに入射するように、前記第1の複屈折結晶の特定の位置に前記第3および第4の光ファイバを設けたことを特徴とする光結合器。

【請求項2】 請求項1の光結合器において、第1の収束性ロッドレンズと波長選択フィルタとの間に入射光を反射して光軸を傾ける反射面と、1/2波長板と第2の収束性ロッドレンズとの間に入射光の大部分を反射して光軸を傾け、一部を透過するハーフミラーと、前記ハーフミラーを透過した光を検出する半導体受光素子とを設けたことを特徴とする光結合器。

【請求項3】 ハーフミラーと反射面とを光軸に対して略45度に配置し、第1、第2、第3および第4の光ファイバを同一側面に構成したことを特徴とする請求項2記載の光結合器。

【請求項4】 第3および第4の光ファイバを偏波面保存光ファイバとしたことを特徴とする請求項1または請求項2記載の光結合器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバを伝送路に用いた通信系において、光信号を直接増幅するための光ファイバ増幅器を構成する光結合器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバ通信網の拡大に伴い、信号分配による光出力の減少を補償するために、光信号を直接増幅する光ファイバ増幅器の導入が進んできている。

【0003】 以下に従来の光ファイバ増幅器の構成について説明する。図3は従来の光ファイバ増幅器を示すもので、後方励起型と呼ばれる方式の構成図を示すものある。図3において、1はエルビウム(Br)などの希土類元素を添加した光ファイバ、2は波長1.55μmと1.48μ

50

2

mの光を合波または分波する波長カプラ、3および4は半導体レーザ(LD)で、Brを添加した光ファイバ1を励起する1.48μmの光を発生するポンプLD、5はポンプLD3および4から出射した光を偏波合成する偏光ビームスプリッタ(偏波合成器)、6は同図内矢印の方向にのみ光を通過させる光アイソレータ、7は光を分歧する光分歧器、8は半導体受光素子、9から13は光ファイバ、14および15は偏波面保存光ファイバ、16から19は光ファイバ内を進行する光を示す矢印である。

【0004】 以上のように構成された光ファイバ増幅器について、以下その動作について説明する。ポンプLD3および4から偏波面保存光ファイバ14および15に出力された波長1.48μmの光は、偏光ビームスプリッタ5で合成され、矢印17で示す方向に波長カプラ2を通ってBrを添加した光ファイバ1に入射し、この光ファイバで吸収されてBr原子を高エネルギー準位に励起する。波長1.55μmの信号光16をBrを添加した光ファイバ1内に入射させると、入力された信号光16の大きさに比例した同一波長の光の誘導放出が生じ、信号光の出力が光ファイバ1に沿って増幅される。増幅された信号光は波長カプラ2を通過した後、光アイソレータ6および光分歧器7を通して、光ファイバ12から光信号18として出射する。受光素子8は光分歧器7で分歧された増幅光信号の一部19を検出し、増幅光信号の大きさをモニタして、ポンプLD3および4の光出力を制御するものである。また、光アイソレータ6は光信号18と反対方向に進行する戻り光が発生した場合に、これを遮断するためのものである。以上のように従来の光ファイバ増幅器を構成していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の構成では、図3に示すように各種光学デバイスと光ファイバとから構成した波長カプラ2、偏光ビームスプリッタ5、光アイソレータ6、光分歧器7などの多くの光結合器を組合わせて、光ファイバ増幅器を構成しているので、各々の光結合器の光ファイバを接続する必要がある。それゆえ光結合器の数および光ファイバの接続点数に比例した大きな挿入損失が生じると共に、接続の手間がかかる欠点があった。さらに多数の光結合器の配置とその光ファイバの引き回しに多くの面積を必要とするため、光ファイバ増幅器の形状が大きくなる欠点があった。

【0006】 本発明はこのような課題を解決するもので、挿入損失が小さく、小型の光ファイバ増幅器が構成できる光結合器の提供を目的としたものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 この課題を解決するため本発明の光結合器は、第1の光ファイバからの出射光を、第1の複屈折結晶で偏波面が互いに直行する2つの直線偏光に分離し、第1の収束性ロッドレンズで略平行

光とした後に波長選択フィルタを通過させる。

【0008】次に磁気光学結晶と1/2波長板とで偏光方向を回転させた後、第2の収束性ロッドレンズで2つの直線偏光を収束させ、第2の複屈折結晶を用いて偏波合成し第2の光ファイバに入射させる。さらに第3および第4の光ファイバから第1の複屈折結晶に出射した直線偏光が、波長選択フィルタで反射されて第1の光ファイバに入射するように第3および第4の光ファイバを設けた構成を有している。

【0009】

【作用】本発明は上記した構成によって、2つの複屈折結晶と磁気光学結晶と1/2波長板とで光アイソレータを構成し、第1の収束性ロッドレンズと第1の複屈折結晶と波長選択フィルタとで偏光ビームスプリッタと波長カブラを構成するので、従来例で説明した光ファイバ増幅器の構成に必要な偏光ビームスプリッタ、波長カブラ、光アイソレータの機能を、少ない光学デバイスを用いて一体に構成でき、小型で挿入損失が小さな光結合器が実現できる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明する。図1は本発明の第1の実施例における光結合器の構成図を示すもので、同図(a)は外観を、同図(b)は動作を説明する図である。

【0011】図1(a)、(b)において、21は入射光を偏波面が互いに直行する2つの直線偏光に分離するルチル結晶などの第1の複屈折結晶、22は入射光を平行光に変換する第1の収束性ロッドレンズ、23は波長1.48μmの光を反射し、波長1.55μmを透過する波長選択フィルタ、24は磁石26の磁界を受けて入射光の偏光方向を非可逆的に約45度回転させる磁気光学結晶。25は入射光の偏光方向を可逆的に約45度回転させる1/2波長板、27は平行光を収束させる第2の収束性ロッドレンズ、28は偏波面が互いに直行する2つの直線偏光を同一の光軸上に合成するルチル結晶などの第2の複屈折結晶、29および30は光ファイバ、31および32は偏波面保存光ファイバ、33から40は光の進行を示す矢印である。

【0012】以上のように構成された光結合器について、図1(b)を用いてその動作を説明する。まず、光ファイバ29から出射した波長1.55μmの光33は、第1の複屈折結晶21に入射し、偏波面が互いに直行する2つの直線偏光34、35に分離される。この2つの直線偏光34、35は第1の収束性ロッドレンズ22の中心軸からわずかにずれた位置から入射し、第1の収束性ロッドレンズ22の他端で2つのほぼ平行光に変換された後、波長選択フィルタ23に入射する。波長選択フィルタ23は波長1.55μmの光を透過し、波長1.48μmの光を反射する誘電体干渉膜から構成されているので、この平行光は波長選択フィルタ23を透過し磁気光学結晶

10

24に入射する、磁気光学結晶24は磁石26の磁界を受けて、入射光の偏光方向を約45度回転させるので、2つの平行な直線偏光の偏光方向が各々約45度の回転を受け、さらに1/2波長板25で先程と同方向に約45度の回転を受ける。それゆえ、1/2波長板25から出射し、第2の収束性ロッドレンズ27に入射する2つの平行な直線偏光36および37は、その偏光方向が直線偏光34および35と各々約90度異なっている。次に、第2の収束性ロッドレンズ27に入射した2つの平行な直線偏光36および37は、第2の収束性ロッドレンズ27の他端で中心軸からわずかにずれた位置の2点に収束され、第2の複屈折結晶28に入射する。第2の複屈折結晶28は、偏波面が互いに直行する2つの直線偏光を同図に示すように同一の光軸上に合成する機能を持つので、2つの直線偏光36および37は合成光38に変換され、光ファイバ30に入射する。以上の動作によって光ファイバ29と光ファイバ30との間に、偏光無依存型の光アイソレータを構成している。

【0013】さらに、偏波面保存光ファイバ31および32から出射した波長1.48μmの偏波面が互い直行する直線偏光39および40は、第1の複屈折結晶21を通過後、第1の収束性ロッドレンズ22の光ファイバ29と軸対称な位置の近傍から入射し、第1の収束性ロッドレンズ22の他端で各々ほぼ平行光に変換される。次に、これらの平行光は波長選択フィルタ23で反射され、前述の直線偏光34および35と同じ光路を逆方向に通って、再び収束され、第1の複屈折結晶21で合成された後、光ファイバ29に入射する。偏波面保存光ファイバ31および32を設ける位置、およびこの光ファイバから出射した直線偏光39および40の偏光方向は、波長選択フィルタ23で反射され、合成された後、光ファイバ29に入射するような位置と偏光方向に設定されている。以上の動作によって、偏波面保存光ファイバ31および32から出射した波長1.48μmの光を偏波合成し、波長1.55μmの光33と合波するので、偏光ビームスプリッタ(偏波合成器)と、波長カブラの機能を構成している。

【0014】以上の構成から、光ファイバ29にエルビウム(Er)などの希土類元素を添加した光ファイバを結合し、光ファイバ31および32に波長1.48μmのポンブルDを結合して、光ファイバ30を増幅された光信号の出力端とすれば、従来例で説明した後方励起型光ファイバ増幅器に使用する光結合器として機能する。

【0015】以上のように本実施例の特徴は、光ファイバ29からの出射光33を、第1の複屈折結晶21で偏波面が互いに直行する2つの直線偏光34および35に分離し、第1の収束性ロッドレンズ22で略平行光とした後に波長選択フィルタ23を通過させる。次に磁気光学結晶24と1/2波長板25とで偏光方向を同方向に回転させた後、第2の収束性ロッドレンズ27で2つの

直線偏光を収束させ、第2の複屈折結晶28を用いて偏波合成し光ファイバ30に入射させる。さらに偏波面保存光ファイバ31および32から第1の複屈折結晶21に出射した直線偏光39および40が、波長選択フィルタ23で反射されて光ファイバ29に入射するように、偏波面保存光ファイバ31および32を設けて光結合器を構成したことである。

【0016】この構成により、2つの複屈折結晶21および28と、磁気光学結晶24と1/2波長板25とで、光ファイバ29から入射した光33を光ファイバ30に一方向に通過させる光アイソレータを構成し、第1の収束性ロッドレンズ22と第1の複屈折結晶21と波長選択フィルタ23とで、偏波面保存光ファイバ31および32の光39および40を合成する偏光ビームスプリッタと、この合成光と光ファイバ29からの光33を合波する波長カプラとを構成するので、従来例で説明した光ファイバ増幅器の構成に必要な偏光ビームスプリッタ、波長カプラ、光アイソレータの機能を、少ない光学デバイスを用いて一体に構成でき、小型で挿入損失が小さな光結合器が実現できる効果が得られる。

【0017】なお、本実施例では、後方励起方式光ファイバ増幅器の光結合器として、光ファイバ29から出射した光33を光ファイバ30に入射させる方向に光アイソレータを構成したが、磁気光学結晶24と1/2波長板25の偏光方向を回転させる向きを互いに逆方向とし、光ファイバ30から出射した光を光ファイバ29に入射させる方向に光アイソレータを構成すれば、前方励起方式の光ファイバ増幅器を構成する光結合器が実現できる。

【0018】さらに、本実施例において、磁気光学結晶24と1/2波長板25を配置する順番は、どちらが先でも同じ機能を有する。また、第1および第2の複屈折結晶21、28、第1および第2の収束性ロッドレンズ22、27、波長フィルタ23、磁気光学結晶24、1/2波長板25、各光ファイバ29から32などを配置した光が通過する空間の説明を省略したが、この空間は空気層でも、接着剤等の透明な物質で充填されていても良いことは言うまでもない。

【0019】以下、本発明の第2の実施例について、図面を参照しながら説明する。図2は本発明の第2の実施例における光結合器の構成図を示すものである。図2において、41は入射光を反射して光軸を約90度傾ける反射面で三角プリズムの斜辺に設けられているミラー、42は入射光の大部分を反射して光軸を約90度傾け、一部を透過するハーフミラーで、同じく三角プリズムの斜辺に設けられている。43はハーフミラー42を透過した光を検出する半導体受光素子、44から46は光の進行を示す矢印である。なお図2において、図1に示す部分と構成が同一あるいは同一機能部については、同一番号を付して説明を省略する。

【0020】本実施例が図1に示す実施例と異なる点は、第1の収束性ロッドレンズ22と波長選択フィルタ23との間に入射光を反射して光軸を約90度傾けるミラー41と、1/2波長板25と第2の収束性ロッドレンズ27との間に入射光の大部分を反射して光軸を約90度傾け、一部を透過するハーフミラー42と、この透過した光を検出する半導体受光素子27とを設け、光ファイバ29から32を光結合器の同一側面に構成したことである。

【0021】以上のように構成された光結合器について、図2を用いてその動作を説明する。まず、光ファイバ29から出射した波長1.55μmの光33は、第1の複屈折結晶21に入射し、偏波面が互いに直行する2つの直線偏光34、35に分離される。この2つの直線偏光34、35は第1の収束性ロッドレンズ22の中心軸からわずかにずれた位置から入射し、第1の収束性ロッドレンズ22の他端で2つのほぼ平行光に変換された後、ミラー41に入射する。ミラー41は入射光軸に対して約45度傾けて配置されているので、2つの平行光は入射光軸に対して約90度かたむけられた後、波長選択フィルタ23に入射する。波長選択フィルタ23は波長1.55μmの光を透過し、波長1.48μmの光を反射する誘電体干渉膜から構成されているので、この平行光は波長選択フィルタ23を透過し磁気光学結晶24に入射する、磁気光学結晶24は磁石26の磁界を受けて、入射光の偏光方向を約45度回転させるので、2つの平行な直線偏光の偏光方向が各々約45度の回転を受け、さらに1/2波長板25で先程と同方向に約45度の回転を受け。それゆえ、1/2波長板25から出射し、ハーフミラー42に入射する2つの平行な直線偏光44および45は、その偏光方向が直線偏光34および35と各々約90度異なっている。ハーフミラー42は入射光の一部を透過するので、透過した光46は半導体受光素子43で検出される。一方、ハーフミラー42で反射されてその光軸を約90度傾け、第2の収束性ロッドレンズ27に入射した2つの平行光36および37は、第2の収束性ロッドレンズ27の他端で中心軸からわずかにずれた位置の2点に収束され、第2の複屈折結晶28に入射する。第2の複屈折結晶28は、偏波面が互いに直行する2つの直線偏光を同図に示すように同一の光軸上に合成する機能を持つので、2つの直線偏光36および37は合成光38に変換され、光ファイバ30に入射する。以上の動作によって、光ファイバ29と光ファイバ30との間に、偏光無依存型の光アイソレータと、入射光33を分岐してモニタする光分岐器と半導体検出器を構成している。

【0022】さらに、偏波面保存光ファイバ31および32から出射した波長1.48μmの偏波面が互い直行する直線偏光39および40は、第1の複屈折結晶21を通過後、第1の収束性ロッドレンズ22の光ファイバ29

と軸対称な位置の近傍から入射し、第1の収束性ロッドレンズ22の他端で各々ほぼ平行光に変換される。次に、これらの平行光はミラー41で光軸を約90度傾けられた後、波長選択フィルタ23で反射され、前述の直線偏光34および35と同じ光路を逆方向に通って再び収束され、第1の複屈折結晶21で合成されて、光ファイバ29に入射する。偏波面保存光ファイバ31および32を設ける位置、およびこの光ファイバから出射した直線偏光39および40の偏光方向は、波長選択フィルタ23で反射され合成された後、光ファイバ29に入射するような位置と偏光方向に設定されている。以上の動作によって、偏波面保存光ファイバ31および32から出射した波長1.48μmの光を偏波合成し、波長1.55μmの光33と合波するので、偏光ビームスプリッタ（偏波合成器）と、波長カプラの機能を構成している。

【0023】以上の構成から、光ファイバ29にエルビウム(Er)などの希土類元素を添加した光ファイバを結合し、光ファイバ31および32に波長1.48μmのポンプLDを結合して、光ファイバ30を増幅された光信号の出力端とすれば、図1に示す実施例と同じく、後方励起型光ファイバ増幅器に使用する光結合器として機能する。

【0024】以上のように本実施例の特徴は、図1に示した本発明の実施例の構成に加えて、第1の収束性ロッドレンズ22と波長選択フィルタ23との間に入射光を反射して光軸を約90度傾けるミラー41と、1/2波長板25と第2の収束性ロッドレンズ27との間に入射光の大部分を反射して光軸を約90度傾け、一部を透過するハーフミラー42と、この透過した光を検出する半導体受光素子27とを設け、さらに、光ファイバ29から32を同一側面に配置して光結合器を構成したことである。

【0025】この構成により、2つの複屈折結晶21および28と、磁気光学結晶24と1/2波長板25とで、光ファイバ29から入射した光33を光ファイバ30に一方向に通過させる光アイソレータを、ハーフミラー42と半導体受光素子43で光33をモニタする光分岐器と検出器を構成し、第1の収束性ロッドレンズ22と第1の複屈折結晶21と波長選択フィルタ23とで、偏波面保存光ファイバ31および32の光39および40を合成する偏光ビームスプリッタと、この合成光と光ファイバ29からの光33を合波する波長カプラとを構成するので、従来例で説明した光ファイバ増幅器の構成に必要な偏光ビームスプリッタ、波長カプラ、光アイソレータ、光分岐器および半導体受光素子の機能を、少ない光学デバイスを用いて一体に構成でき、小型で挿入損失が小さな光結合器が実現できる効果が得られる。

【0026】さらに、ミラー41およびハーフミラー42を光軸に対して約45度に配置して、光結合器に接続する各光ファイバ29から32を同一側面に配置し、か

つ互いの光軸が平行になるよう設けているので、この光結合器を実装する時の光ファイバの引き回しに必要な面積を小さくでき、小型の光ファイバ増幅器を構成することができる。

【0027】なお、本実施例では、後方励起方式光ファイバ増幅器の光結合器として、光ファイバ29から出射した光33を光ファイバ30に入射させる方向に光アイソレータを構成したが、磁気光学結晶24と1/2波長板25の偏光方向を回転させる向きを互いに逆方向として、光ファイバ30から出射した光を光ファイバ29に入射させる方向に光アイソレータを構成し、光ファイバ30から出射した光がハーフミラー42を通過する位置に半導体受光素子43を設ければ、前方励起方式の光ファイバ増幅器を構成する光結合器が実現できる。

【0028】さらに、本実施例において、三角プリズムの斜辺にミラー41を設けたとして説明したが、ミラー41は光を反射する反射面であれば、三角プリズムの斜面の全反射を用いても良いことは言うまでもない。

【0029】
【発明の効果】以上のように本発明によれば、2つの複屈折結晶と磁気光学結晶と1/2波長板とで、入射した光を一方向に通過させる光アイソレータを構成し、第1の収束性ロッドレンズと第1の複屈折結晶と波長選択フィルタとで、偏波面保存光ファイバから出射した直線偏光を合成する偏光ビームスプリッタと、この合成光と前述の光とを合波する光合波器とを構成するので、光ファイバ増幅器の構成に必要な偏光ビームスプリッタ、波長カプラ、光アイソレータの機能を、少ない光学デバイスを用いて一体に構成でき、小型で挿入損失が小さな光結合器が実現できる効果が得られる。

【0030】また、1/2波長板と第2の収束性ロッドレンズとの間に、光軸を傾けるハーフミラーと半導体受光素子とを設けることで、光をモニタする光分岐器と検出器が構成できる効果が得られる。

【0031】さらに、反射面およびハーフミラーを光軸に対して約45度に配置して、光結合器に接続する各光ファイバを同一側面に配置し、かつ互いの光軸が平行になるよう設けているので、光結合器の実装時の光ファイバの引き回しに必要な面積を小さくできる効果が得られ、従来に比較して小型の光ファイバ増幅器を実現できるものである。

【図面の簡単な説明】
【図1】本発明の第1の実施例における光結合器の構成図

【図2】本発明の第2の実施例における光結合器の構成図

【図3】従来の光結合器を用いた光ファイバ増幅器の構成図

【符号の説明】

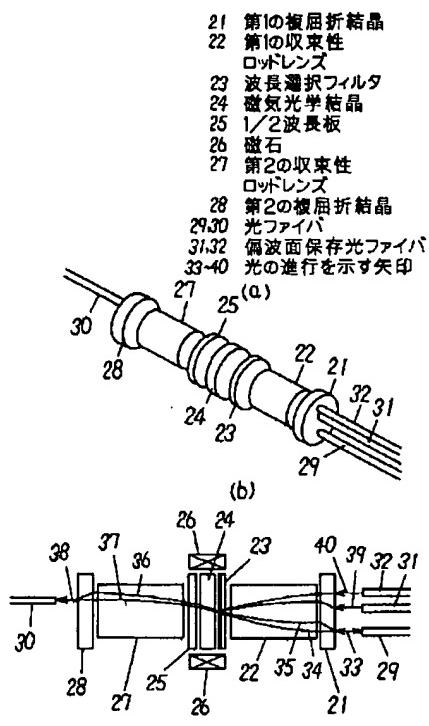
9

- 2 2 第1の収束性ロッドレンズ
 2 3 波長選択フィルタ
 2 4 磁気光学結晶
 2 5 1/2波長板
 2 6 磁石
 2 7 第2の収束性ロッドレンズ
 2 8 第2の複屈折結晶

10

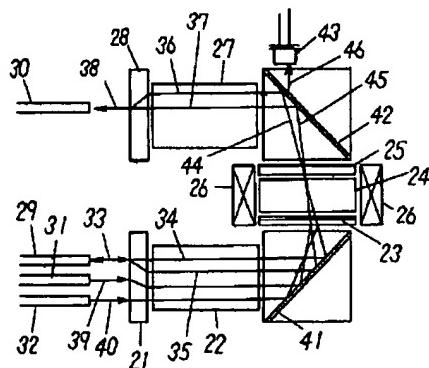
- 2 9、3 0 光ファイバ
 3 1、3 2 偏波面保存光ファイバ
 3 3~4 0 光の進行を示す矢印
 4 1 反射面
 4 2 ハーフミラー
 4 3 半導体受光素子
 4 4~4 6 光の進行を示す矢印

【図1】



【図2】

- 2 1 第1の複屈折結晶
 2 2 第1の収束性
 ロッドレンズ
 2 3 波長選択フィルタ
 2 4 磁気光学結晶
 2 5 1/2波長板
 2 6 磁石
 2 7 第2の収束性
 ロッドレンズ
 2 8 第2の複屈折結晶
 29,30 光ファイバ
 31,32 偏波面保存光ファイバ
 33~40 光の進行を示す矢印
 41 反射面
 42 ハーフミラー
 43 半導体受光素子



【図3】

